

Aus dem Strahleninstitut (damaliger Leiter: Priv.-Doz. Dr. H.-J. Maurer)
der Frauenklinik (Direktor: Prof. Dr. med. R. Dyroff)
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

Thrombozytenveränderung nach einzeitiger und fraktionierter Röntgen-Abschnittsbestrahlung

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde.
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen



Vorgelegt von
Maria Schütz-Sirobej
aus Sopron/Ungarn

Dekan: Prof. Dr. F. Heim

Referent: Priv.-Doz. Dr. H.-J. Maurer

Korreferent: Prof. Dr. R. Dyroff

Tag der mündlichen Prüfung: 15. 1. 1959

Sonderdruck aus
STRAHLENTHERAPIE

Band 110, Heft 2 (1959)

VERLAG URBAN & SCHWARZENBERG / MÜNCHEN UND BERLIN

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten

Aus dem Strahleninstitut (damaliger Leiter: Privatdozent Dr. H.-J. Maurer)
der Universitäts-Frauenklinik Erlangen (Direktor: Prof. Dr. R. Dyroff)
und dem Röntgeninstitut des Inselspitals und der Universität Bern
(Direktor: Prof. Dr. A. Zuppinger)

**Zur biologischen und biochemischen Wirkung
tonisierender Strahlen**

**5. Mitteilung: Thrombozytenveränderung nach einzeitiger und fraktionierter
Röntgen-Abschnittsbestrahlung**

Von

Hans-Joachim Maurer und Maria Schütz-Sirobej

Mit 5 Abbildungen

Die Veränderung der Formelemente des Blutes und der Blutbildungsstätten ist als wichtiger und frühzeitiger Indikator für die Wirkung und Schädigung durch Röntgenstrahlen schon seit langem bekannt.

Die ersten zuverlässigen Beobachtungen über die Blutveränderung nach Röntgenbestrahlung der blutbildenden Organe stammen von *Heineke* (1904/05); er fand nach Totalbestrahlungen von Meerschweinchen, daß die weißen Zellen des Knochenmarkes allmählich bis auf geringe Reste zugrunde gingen, daß nach 2 bis 3 Wochen aber wieder eine Regeneration einsetzte, die nach weiteren 4 Wochen beendet war. Zunächst zerfielen die Lymphozyten und die ungranulierten Myelozyten, dann Eosinophile, Riesenzellen und Mastzellen. Die wesentlich geringere Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Bildungselemente der roten Blutkörperchen stellten kurz darauf *Milchner* und *Mosse* bei Bestrahlungen von Kaninchenextremitäten fest. Sie fanden lediglich eine Strahlenwirkung auf die Zellen der lymphatischen und myeloischen Reihe, nicht aber auf die hämoglobinhaltigen Vorstufen der Erythrozyten. Im Gegensatz dazu stellten *Aubertin* und *Beaujard* auch eine Wirkung auf die roten Frühformen fest.

Brinnitzer machte die wichtige Feststellung, daß das Knochenmark eine wesentlich geringere Empfindlichkeit gegenüber Röntgenstrahlen zeige als das Lymphgewebe und daß es auch später reagiere als die Milz: Eine Strahlendosis, die bei der Milz bereits eine Nekrose des Lymphgewebes erzeugte, rief bei der Bestrahlung des Knochenmarks eine mehrere Tage anhaltende Knochenmarkhyperplasie hervor; während sich die Lymphozyten am empfindlichsten zeigten, führte erst eine größere Strahlendosis zu einer stärkeren Beeinflussung der Knochenmarkleukozyten. Die Schädigung des leukopoetischen und erythropoetischen Systems war derart hochgradig, daß die Myelozyten, polynukleären Granulozyten und Megakaryozyten vollkommen verschwanden. Außerdem fand *Brinnitzer*, daß die Zellen des strömenden Blutes gegenüber Röntgenstrahlen viel empfindlicher waren als die der blutbildenden Organe, in denen die Leukozyten erst nach intensiverer und längerer Bestrahlung verschwanden, während sie im strömenden Blut bereits frühzeitig stark verändert oder fast zerstört waren.

Die Reihenfolge der Strahlenempfindlichkeit der Zellen im strömenden Blut war dieselbe, wie sie schon *Heineke* für die Zellen der blutbildenden Organe gefunden hatte:

1. Lymphatisches Gewebe,
2. Myeloisches Gewebe,
3. Erythroblastisches Gewebe.

Helber und *Linser* haben ebenfalls vergleichende Untersuchungen am strömenden Blut und an den blutbildenden Organen nach Röntgenbestrahlungen bei verschiedenen Tieren vorgenommen. Erst nach siebzigstündiger Bestrahlung waren bei Kaninchen die Leukozyten im Blut verschwunden, während gleichzeitig die „weißen Zellen“ im Knochenmark und in der Milz erst vermindert waren. Eine Regeneration der Knochenmarkzellen beobachteten sie gleichzeitig mit einem Anstieg der Leukozyten im strömenden Blut und schlossen daraus, daß die Zerstörung der Leukozyten im Blut der primäre, die Verarmung der inneren Organe der sekundäre Vorgang sei.

Regaud und *Lacassagne* beobachteten im Knochenmark unmittelbar im Anschluß an eine Totalbestrahlung von Kaninchen keine Veränderung, erst nach 24 Stunden sahen sie bei Myeloblasten, Erythroblasten und Megakaryozyten Kernpyknosen. Außerdem gelang es *Lacassagne* bei Kaninchenfeten, die in utero bestrahlt wurden, in der Leber ebenfalls Megakaryozyten sowie die Frühformen der weißen und roten Zellreihe zum Schwinden zu bringen.

Torrioli und *Sergio* beobachteten nach Röntgenbestrahlung der hinteren Extremität beim Meerschweinchen vor allem die Megakaryozyten und fanden 2 bis 39 Stunden nach einer Dosis von 2500 r in histologischen Schnitten eine deutliche Vermehrung derselben.

Brinnitzer erwähnte als erster, daß die Blutplättchen eine ganz besondere Empfindlichkeit gegenüber Röntgenstrahlen zeigten, äußerte sich jedoch nicht, ob sie empfindlicher als Leukozyten wären. Er spricht nur von einer anfänglichen Vermehrung, der eine hochgradige Verarmung mit Degenerationserscheinungen folgt; hieraus ließen sich auch die Haut- und Schleimhauthämorrhagien usw. nach Röntgenbestrahlungen sowie die Abnahme der Blutgerinnungsfähigkeit erklären. Die Strahlenempfindlichkeit der Blutplättchen geht sogar soweit, daß diese mit dem Auftreten der hochradigen Leukopenie — die keine harmlose Strahlenwirkung, sondern schon eine erhebliche Strahlenschädigung darstellt — vollkommen aus dem strömenden Blut verschwinden.

Sipowsky untersuchte 1 bis 2 Tage nach Bestrahlung einer hinteren Extremität beim Kaninchen (je 1,5; 3 u. 5 HED) das Knochenmark; dabei zeigten sich Zellen vom „lymphoiden Typus“ am empfindlichsten (Hämozytoblasten, junge Erythroblasten, große Lymphozyten). Eine sehr große Sensibilität zeigten auch Megakaryozyten, deren Zahl schon vor Einsetzen der Schädigung anderer Zellen herabgesetzt war. In den unbestrahlten Extremitäten ließen sich die gleichen Veränderungen, wenn auch in geringerem Umfang, nachweisen. *Sipowsky* nimmt an, daß es sich dabei um einen Effekt handelt, der durch Eiweißzerfallsprodukte, die aus den bestrahlten Körperteilen stammen, hervorgerufen wird.

Wünsche bestätigte die Beobachtung, daß die roten Blutelemente weniger strahlenempfindlich sind als die weißen: Sie reagieren langsamer und regenerieren schneller. Nach großen, rasch aufeinanderfolgenden Dosen zeigte sich eine schnelle Markverödung, dagegen kam es bei Bestrahlungen mit großen Zwischenräumen zu einer Resistenzzunahme der Knochenmarkzellen.

Marti stellte fest, daß sich bei Tieren, die er längere Zeit unter Lichtabschluß hielt, die Zahl der Erythrozyten verringerte, während sie sich bei Lichtaufenthalt vermehrte. Die Blutplättchen zeigten bei diesen Versuchen ein unterschiedliches Verhalten, das er nicht erklären konnte: Die Hälfte der Tiere reagierte mit einer Steigerung der Plättchenzahl um 50 bis 80%, während ein Viertel der Tiere unbeeinflusst blieb, der Rest sogar ein deutliches Absinken zeigte. Bemerkenswert schien ihm die Tatsache, daß die Tiere mit Thrombozytensteigerung in der Regel auch eine ausgeprägte Vermehrung der

neutrophilen Granulozyten zeigten. Es könnte auf Grund dieser Beobachtungen angenommen werden, daß das sichtbare Licht auf Blutplättchen und Granulozyten gleichsinnig wirkt.

Oltamare konnte bei verschiedenen Tieren trotz dreimonatigen Aufenthaltes im Dunkeln keine Änderung der Erythrozytenzahl feststellen; zu demselben Ergebnis kam auch *Grober* bei Blutuntersuchungen an unter Tage arbeitenden Bergleuten.

Nachdem *Senn* u. a. die wichtige Beobachtung gemacht hatten, daß bei Leukämien durch Röntgenbestrahlungen ein schneller Rückgang der Leukozyten erzielt werden konnte, und *Heineke* das Hauptaugenmerk seiner Untersuchungen auf die Veränderung der blutbildenden Organe gelegt hatte, untersuchten *Helber* und *Linser* als erste an einer größeren Anzahl von Versuchstieren systematisch die morphologische Blutveränderung unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen. Übereinstimmend mit *Heineke* fanden auch sie, daß die Lymphozyten zuerst geschädigt wurden. Neben der Verringerung der Zahl der roten Blutkörperchen und des Hämoglobingehaltes fanden sie erstmals eine geringe Verminderung der Blutplättchen.

Es könnte noch eine Vielzahl von Untersuchungen über die Beeinflussung des allgemeinen Blutbildes durch Strahlungen verschiedener Wellenlängen angeführt werden, doch würde dies einmal den Rahmen der vorliegenden Arbeit überschreiten, und zum anderen könnten im wesentlichen für Erythrozyten und Leukozyten die gleichen Reaktionsmechanismen, wie sie bisher beschrieben wurden, nachgewiesen werden (*Bosch, Woska*).

Wie schon erwähnt, beschrieb *Brinnitzer* erstmals die große Sensibilität der Thrombozyten gegenüber den Röntgenstrahlen.

E. A. Zimmer beobachtete die Thrombozytenveränderung nach Röntgenbestrahlung blutgesunder Menschen und kam zu folgendem Ergebnis:

1. Nach Bestrahlung von Knochenmark, Milz und Leber mit 100 r zeigte die Blutuntersuchung am folgenden Tag bei gleichzeitiger Abnahme der Erythrozytenzahl eine eindeutige Tendenz zur Plättchenverminderung.
2. Nach Knochenmarkbestrahlung mit 230 r nimmt am Tage nach der Bestrahlung die Zahl der Erythrozyten ab und die der Thrombozyten erheblich zu.
3. Nach Bestrahlung mit 4mal 100 r sind der hohe Erythrozytenanstieg, die deutliche Thrombozytenvermehrung und der Leukozytensturz bemerkenswert.

Bosch verfolgte nun die Thrombozytenveränderung nach Röntgenbestrahlungen an Patienten und beobachtete, daß schon nach kleinen Dosen einer anfänglichen Thrombozytenvermehrung eine Abnahme folgte, die Applikation mittlerer und hoher Dosen eine starke Verminderung und Schädigung der Thrombozyten zur Folge hatte.

Nach den Erfahrungen von *E. A. Zimmer, Gloor* und *Zuppinger, Hayer, Duke, Bosch* u. a. stehen Blutveränderungen in einem Abhängigkeitsverhältnis zu verschiedenen Faktoren:

- I. Strahlenqualität,
- II. Höhe der Strahlendosis,
- III. Ort der Strahlenapplikation,
- IV. Individuelle Konstitution.

Bei den hier vorliegenden Untersuchungen wurden diese Voraussetzungen zugrunde gelegt, die Blutuntersuchungen nach Röntgenbestrahlung unter denselben Bedingungen vorgenommen, wie *Baer* sie bei seinen Tierversuchen anwandte. *Baer* beobachtete das Blutbild weiblicher Meerschweinchen in einer Vorperiode 4 Tage lang, setzte die Tiere dann einer *Ganzkörperbestrahlung* mit 1000 r, 2mal 500 r, 2mal 250 r und 2mal 125 r aus und verfolgte die Thrombozytenveränderung an insgesamt 17 Tagen. In Abwandlung dieser Untersuchun-

gen wurde bei den vorliegenden Tierversuchen eine *Abschnittsbestrahlung* des Abdomen vorgenommen, wobei einmal *einzeitig*, im übrigen *fraktioniert* mit verschieden großen Dosen bestrahlt wurde, da diese Bestrahlungsform den Gegebenheiten der Strahlentherapie sehr viel näherkommt als die Ganzbestrahlung. Mit fraktionierter Bestrahlung wird bei entsprechender Erhöhung der Dosis ein biologisch günstigerer Effekt erzielt als mit der Einzeitbestrahlung (*Strandqvist, Brasch u. a.*).

Unter der Voraussetzung, daß durch Bestrahlung hervorgerufene Blutveränderungen hauptsächlich durch die während einer gewissen, günstigsten Zeiteinheit erhaltenen Strahlendosis bestimmt werden, soll gezeigt werden, welche Beziehungen zwischen Blutveränderung und Bestrahlung erwartet werden können, wenn andere Zeiteinheiten benutzt werden. Wird die günstigste Zeiteinheit nicht benutzt, die nach *Helde* etwa bei 0,1 Sekunde liegt, so ist nach seiner Meinung die Beziehung innerhalb gewisser Grenzen unsicher, und zwar um so mehr, je größer die Abweichung von der günstigsten Zeiteinheit ist. Dies scheint auch eine brauchbare Erklärung für die vielen Widersprüche der zahlreichen Studien über die Blutveränderungen nach Bestrahlungen zu bieten.

Herkunft und Eigenschaften der Thrombozyten

Um eine klare Vorstellung von der Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Blutplättchen zu bekommen, sollen zunächst Herkunft, Funktion und Eigenschaften der Blutplättchen beschrieben werden.

Die Thrombozyten wurden im Jahre 1882 von *Bizzozero* nachgewiesen, der sie als farblose, dünne Scheiben von wechselnder Größe, verschiedener und leicht veränderlicher Gestalt beschrieb. Es sind meist runde, spindel- oder bläschenförmige Gebilde mit einem oder mehreren Fortsätzen. Sie verändern sich sehr schnell, besonders unter Einwirkung von Gewebsssekret aus Wunden, bei jeder Berührung mit Fremdkörpern und bei jeder Art von Adhäsion; sie zerfallen spontan in kleinere Teilchen, die entweder zusammenkleben oder sich auflösen.

Für die Entstehung der Blutplättchen gibt es verschiedene Theorien:

1. Nach der Auffassung von *v. Schilling* stammen sie aus dem Kern der Normoblasten, sind also selbständige Formbestandteile des Blutes, haben den vollen Wert von Zellen, bestehen aus Kern und Protoplasma und sind amöboid beweglich. Für die Zellnatur der Blutplättchen spricht die Tatsache, daß sie stark atmen und ein polypeptid-spaltendes Ferment enthalten.

2. Nach der Ansicht von *Wright* (1906) und *Naegeli* entstehen die Thrombozyten aus dem Protoplasma der Knochenmarkriesenzellen, und zwar durch Abschnürung der zahlreichen Fortsätze dieser Megakaryozyten. Diese pseudopodienartigen „Fortsätze“ des Protoplasmas zeigen felderartige Anhäufungen von Körnchen (sog. Schridde'sche Felderung) und lösen sich als Plättchen ab, um in die Blutbahn ausgeschwemmt zu werden. Schon wenige Tage nach der Abstoßung in die Blutbahn erliegen die Thrombozyten der Phagozytose im retikuloendothelialen System, vor allem der Milz. Sie sind außerordentlich labile Blutelemente, die im Inneren ihres schwach basisch färbbaren Plasmaleibes einzelne oder mehrere leuchtend rote Granula aufweisen, von denen noch umstritten ist, ob es sich um Kernreste handelt.

Im Salzgehalt besteht zwischen den weißen Blutkörperchen und den Thrombozyten eine große chemische Verwandtschaft sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht, dagegen unterscheiden sie sich wesentlich vom Plasma und den roten Blutkörperchen. Blutplättchen finden sich nur im Blut von Säugern; sie haben ein spezifisches Gewicht, das leichter ist als das der weißen und roten Blutkörperchen.

Die Blutplättchen üben einmal eine Filter- und Auffangwirkung auf in die Blutbahn eingedrungene Bakterien aus, die sie agglutinieren und Fremdkörper dabei mitreißen.

Ihre wesentliche Funktion besteht allerdings in ihrer entscheidenden Mitwirkung und Bedeutung beim Vorgang der Blutgerinnung. Durch den Zerfall der Thrombozyten wird bei Gefäßverletzungen die Thrombokinasen frei, durch die der Gerinnungsvorgang beschleunigt in Gang gebracht wird.

Nach der Gerinnungstheorie von *Schmidt* und *Hammersten* wird beim Gerinnungsvorgang durch ein offenbar in allen Zellen, vornehmlich aber in den Thrombozyten enthaltendes Ferment — die Thrombokinasen — frei, das das im Plasma präformiert vorhandene Prothrombin oder Thrombogen in Gegenwart von Kalziumsalzen in Thrombin überführt. Das Thrombin wieder bedingt seinerseits die Umwandlung des im Blutplasma in gelöster Form vorhandene Fibrinogen in eine unlösliche, faserige Substanz, das Fibrin.

Diese Fermenttheorie ist in den letzten Jahren wiederholt angegriffen worden, und die Auffassung einer physikalisch-chemischen oder einer kolloid-chemischen, also rein chemischen Zustandsänderung der drei im Plasma vorhandenen Kolloide (Fibrinogen, Thrombogen und Thrombozym) vertreten worden. Nach dieser neueren Theorie tritt die Blutgerinnung ein, wenn das kolloidale Gleichgewicht in irgendeiner Weise gestört ist.

Es ist verständlich, daß Veränderungen der Thrombozyten natürlich einen wesentlichen Einfluß auf den Blutgerinnungsvorgang haben müssen.

Die Normalwerte der Thrombozyten im menschlichen Blut liegen zwischen 200 000 bis 300 000 mm^3 Blut, beim Meerschweinchen schwanken sie zwischen 83 000 bis 156 000 mm^3 . Die unterschiedlichen, im Schrifttum angegebenen Werte der „Normalzahlen“ ergeben sich einerseits zum überwiegenden Teil aus der außerordentlichen Labilität der Plättchen, andererseits aus den verschiedenen Bestimmungsmethoden. Physiologische Thrombozytenschwankungen treten bei Nahrungsaufnahme, bei starker Muskulararbeit, während der Menstruation und als Tagesschwankungen (mit den niedrigsten Werten am Morgen) auf. Bei seelischer Erregung sind die Thrombozytenzahlen häufig wesentlich erhöht.

Eigene experimentelle Untersuchungen

Im Anschluß an die Untersuchungen von *Baer*, der Thrombozytenveränderungen nach einzeitigen Röntgen-Ganzkörperbestrahlungen von Meerschweinchen untersucht hat, sollte in der vorliegenden Arbeit geprüft werden, wie weit das von *Baer* beobachtete Absinken der Thrombozyten im strömenden Blut nach einer Abschnittsbestrahlung und durch Fraktionierung beeinflusst würde.

Methodik

Als Versuchstiere wurden gesunde weibliche Meerschweinchen von 250 g bis 500 g Gewicht verwendet. Die Erythrozyten wurden nach der von *Hallmann* angegebenen Methode gezählt und entsprechend auf 1 mm^3 Blut berechnet. Die Bestimmung der Thrombozytenwerte erfolgte nach *Kocher-Fonio*.

Versuchsordnung

Es wurde bei 6 bzw. 10 Meerschweinchen pro Versuchsreihe das Abdomen unter gleichzeitiger Bleiabdeckung von Kopf, Thorax und Extremitäten unter Tiefentherapiebedingungen (200 kV, 0,2 mm Cu-Filter, HWS 0,75 mm Cu, 30 cm FHA) bestrahlt. Nach einer orientierenden einzeitigen Bestrahlung wurden die weiteren Bestrahlungen zweimal fraktioniert (4. und 9. Tag) vorgenommen. Die Bestimmung der Erythrozyten und Thrombozyten erfolgte täglich zur gleichen Zeit; gleichzeitig erfolgte eine tägliche Gewichtskontrolle. Die Bestrahlung wurde erst im Anschluß an eine 4tägige Vorperiode durchgeführt.

Ergebnisse

1. Einzeitige Bestrahlung des Abdomens von 10 Meerschweinchen (♀)*
mit 1000 r (4' 6'') [Abb. 1]

Am 1. Tag post radiationem (p.r.) zeigten alle Tiere mit Ausnahme von Tier Nr. 8 eine Gewichtsabnahme (s. Abb. 1 a) gegenüber den Vorperiodenwerten, die am 2. Tag p.r. bei den Tieren Nr. 2, 3, 4, 5, 8 und 10 weiter fortschritt; während die Tiere Nr. 1 und 9 ihr Gewicht vom Vortage beibehalten hatten, stieg es bei den Tieren Nr. 6 und 7 sogar an. — Am 3. Tag p.r. sank das Gewicht bei den Tieren Nr. 1, 2, 3, 5, 8 und 10 ab, Tier Nr. 4 behielt sein Gewicht vom Vortage, die Tiere Nr. 6, 7 und 9 nahmen zu. — Am 4. Tag p.r. verloren die Tiere Nr. 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 und 10 an Gewicht, die Tiere Nr. 1 und 5 erhöhten ihr Gewicht. — Am 5. Tag p.r. verloren die Tiere Nr. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 weiter an Gewicht, Tier Nr. 2 behielt sein Gewicht vom Vortage. — Am 6. Tag p.r. nahm das Gewicht nur mehr von den Tieren Nr. 5, 6, 7, 8 und 9 ab, Tier Nr. 1 behielt weiter sein Gewicht, die restlichen Tiere Nr. 2, 3, 4 und 10 erhöhten ihr Gewicht. — Am 7. Tag p.r. ging nur bei Tier Nr. 5 das Gewicht weiter zurück, dieses Versuchstier ist nach einem Gesamtgewichtsverlust von 165 g am 7. Tag p.r. eingegangen. Tier Nr. 2 hat sein Gewicht am 7. Tag p.r. nicht verändert, die übrigen Tiere haben ihr Gewicht zum Teil sogar ganz wesentlich erhöht. — Am 8. Tag p.r. reagierten die Tiere ganz verschieden, die Tiere Nr. 2, 3, 4, 7 und 8 verloren an Gewicht, Tiere Nr. 1 und 9 hielten ihr Gewicht, während die Tiere Nr. 6 und 10 an Gewicht zunahmen. — Am 9. Tag p.r. wiesen die Tiere Nr. 1, 2, 4, 7, 8, 9 und 10 eine weitere Gewichtsabnahme auf, die Tiere Nr. 3 und 6 nahmen an Gewicht zu. — Am 10. und den folgenden Tagen p.r. war bei sämtlichen Versuchstieren eine Gewichtszunahme zu beobachten.

Die Erythrozyten verhielten sich (s. Abb. 1 b) bei der Mehrzahl der Tiere gleichsinnig: Sie stiegen vom Tage p.r. gegenüber den Vorperiodenwerten an; dasselbe Bild zeigte sich mit geringen Abweichungen noch am 3. Tag p.r. — Der 4. Tag p.r. brachte bei 8 Tieren einen deutlichen Rückgang der Erythrozytenzahlen, Tier 4 zeigte keine Veränderung, nur bei Tier 7 stiegen die Erythrozyten weiter an. — Am 5. Tag p.r. fielen bei den Tieren 1, 2, 4, 8, 9 und 10 die Erythrozyten weiter ab, Tier 3 zeigte

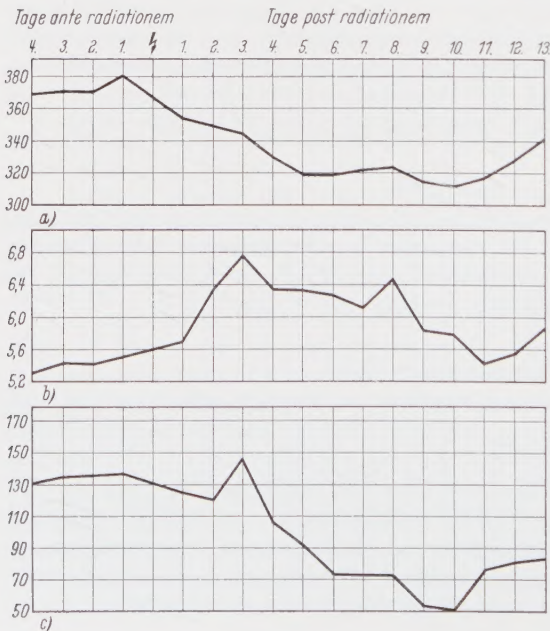


Abb. 1. Darstellung der Durchschnittswerte von Gewicht (a), Erythrozyten (b) und Thrombozyten (c) der 10 untersuchten Tiere nach einzeitiger Bestrahlung des Abdomens mit 1000 r.

keine Veränderung, während die Tiere 5, 6 und 7 einen Erythrozytenanstieg aufwiesen. — Am 6. Tag p.r. stiegen die Erythrozyten bei den Tieren 1, 2, 3, 6 und 8 an, Tier 5 zeigte keine Veränderung, die Tiere 4, 7, 9 und 10 verringerten ihre Erythrozytenzahlen. — Am 7. Tag p.r. stiegen die Erythrozyten nur mehr bei den Tieren 2, 5 und 9 an, während sie bei den Tieren 1, 3, 4, 6, 7, 8 und 10 abfielen. Tier 5 ist am 7. Tag p.r. eingegangen, nachdem seine Erythrozyten von einem Ausgangswert von 5,2 Millionen auf 7,8 Millionen angestiegen waren. — Am 8. Tag p.r. stiegen die Erythrozyten bei den Tieren 3, 4, 7, 8, 9 und 10 an, Tier 2 zeigte keine Veränderung, während die Erythrozytenwerte bei den Tieren 1 und 6 zurückgingen. — Am 9. Tag p.r. stiegen die Erythrozyten nur mehr bei den Tieren 1 und 3 an, die restlichen Tiere zeigten einen Rückgang ihrer Erythrozytenzahlen. — Am 10. Tag p.r. nahmen die Erythrozytenwerte der Tiere 1, 2, 7 und 10 zu, die der Tiere 3, 4, 6, 8 und 9 hingegen ab. — Am 11. Tag p.r. reagierten nur mehr die Tiere 7 und 10 mit einer Zunahme ihrer Erythrozytenzahlen, während bei den Tieren 1, 2, 3, 4, 6, 8 und 9 ein Absinken der Erythrozytenzahlen zu beobachten war. Vom 11. Tag p.r. ab hatten die Versuchstiere die Erythrozytenwerte der Vorperiode ungefähr wieder erreicht.

Am 1. Tag p.r. trat bei den Tieren 3 und 5 ein Anstieg, bei den übrigen Tieren hingegen ein Abfall der *Thrombozytenzahlen* (Abb. 1 c) gegenüber den Vorperiodenwerten auf. — Am 2. Tag p.r. stiegen die Thrombozytenwerte bei den Tieren 1, 2, 3, 6 und 8 an, bei den Tieren 4, 5, 7, 9 und 10 fielen sie ab. — Am 3. Tag p.r. war der Anstieg der Thrombozyten bei den Tieren 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 und 10 sehr auffällig, Tier 3 erreichte den Höchstwert mit 233 000 gegenüber einem Ausgangswert von ungefähr 130 000 Thrombozyten. — Am 4. Tag p.r. setzte ein spontaner Rückgang der Thrombozytenzahlen bei den Tieren 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 und 10 ein, den Tier 5 am 5. Tag p.r. auch aufwies. — Der 5. und 6. Tag p.r. war bei sämtlichen Versuchstieren durch ein weiteres Absinken der Thrombozytenzahlen charakterisiert. — Am 7. Tag p.r. zeigte sich bei den Tieren 1, 5, 6, 8 und 10 ein geringer Anstieg der Thrombozyten, während diese bei den Tieren 2, 3, 4, 7 und 9 weiter absanken. Tier 5 ist am 7. Tag eingegangen. — Am 8. Tag p.r. stiegen die Thrombozyten bei den Tieren 3, 7, 8 und 9 an, um am 9. Tag wie bei den übrigen Tieren weiter abzusinken. — Bei Tier 2 setzte bereits am 9. Tag p.r. eine Thrombozytenzunahme ein. Weiter erhöhten die Tiere 2, 4, 7 und 10 ihre Thrombozytenzahlen am 10. Tag p.r., während bei den Tieren 1, 3, 6, 8 und 9 ein weiteres Absinken der Thrombozyten zu beobachten war. — Auch an den folgenden Tagen reagierten die Tiere verschieden. Während die Thrombozyten bei den Tieren 2, 6, 7, 8, 9 und 10 am 11. Tag p.r. wieder anstiegen, fielen sie bei den Tieren 1, 3 und 4 weiter ab. — Am 12. Tag p.r. zeigte sich bei den Tieren 1, 6, 7 und 10 ein Anstieg der Thrombozytenzahlen, während sie bei den Tieren 2, 3, 4, 8 und 9 absanken. — Am 13. Tag p.r. nahmen die Thrombozytenzahlen bei den Tieren 4, 6, 7, 8 und 10 zu, bei den Tieren 1, 2, 3 und 9 hingegen ab.

Das *Allgemeinbefinden* der Versuchstiere nach der Bestrahlung des Abdomen mit 1000 r war sehr schlecht. Während die Meerschweinchen vor der Bestrahlung recht lebhaft und munter waren, machten sie nach der Bestrahlung einen sehr mitgenommenen Eindruck, fraßen sehr wenig oder gar nicht und schleppten sich nur mühsam vorwärts, da an den hinteren Extremitäten eine schlaffe Parese bestand. Fines der Tiere ist an den Folgen der Bestrahlung am 7. Tag p.r. eingegangen, das Allgemeinbefinden der übrigen Tiere besserte sich vom 11. Tag p.r. zusehends.

II. Fraktionierte Bestrahlung des Abdomen von 10 Meerschweinchen (♀) mit 2mal 500 r (je 2' 3'') mit 5 Tagen Abstand [Abb. 2]

Die erste Bestrahlung mit 500 r hatte auf die *Gewichtsveränderung* der Versuchstiere keinen wesentlichen Einfluß, lediglich Tier Nr. 13 reagierte mit einer fortschreitenden Gewichtsabnahme, die am 4. Tag p.r. 75 g erreichte. An diesem Tag ist das Tier eingegangen. Bei den übrigen Tieren waren nach der 1. Bestrahlung nur mäßige Gewichtsschwankungen festzustellen. Erst am 2. Tag p.r. war eine beginnende Gewichts-

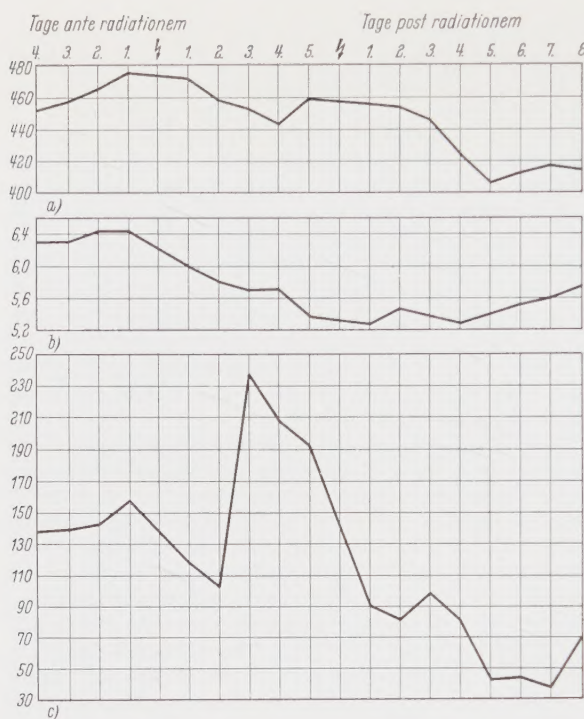


Abb. 2. Darstellung der Durchschnittswerte von Gewicht (a), Erythrozyten (b) und Thrombozyten (c) der 10 Versuchstiere nach fraktionierter Bestrahlung des Abdomens mit zweimal 500 r.

abnahme gegenüber den Gewichten der Vorperiode zu beobachten, die auch am 3. Tag p.r. anhielt (Abb. 2 a). Am 4. Tag p.r. hatten sämtliche Tiere an Gewicht abgenommen. Tier Nr. 20 hatte an diesem Tage seinen tiefsten Gewichtsstand mit 375 g erreicht, die übrigen Tiere zeigten am 5. Tag p.r. ihre niedrigsten Gewichtszahlen, die dann am 6. Tag p.r. und 7. Tag p.r. wieder allmählich anstiegen.

Die Erythrozyten fielen am Tage nach der 1. Bestrahlung bei den Tieren Nr. 11, 12, 16, 17, 18, 19 und 20 ab, bei den Tieren Nr. 14 und 15 setzte der Rückgang der Erythrozytenzahlen erst am 2. Tag p.r. ein, Tier Nr. 13 reagierte mit einem Erythrozytenanstieg, einem geringen Abfall der Erythrozyten am 3. Tag p.r. und einem abermaligen Anstieg derselben am 4. Tag p.r., an dem das Tier schließlich eingegangen ist.

In Abbildung 2 b ist der Rückgang der Erythrozytendurchschnittswerte bis zum 1. Tag der zweiten Bestrahlung deutlich zu verfolgen. Erst am 2. und 3. Tag p.r. setzte ein mäßiger Anstieg der Erythrozytenzahlen ein, der an den folgenden Tagen weiter anhielt und sich allmählich den Ausgangswerten näherte.

Am 1. Tag nach der ersten Bestrahlung setzte ein schlagartiger Rückgang der Thrombozyten (s. Abb. 2 c) bei den Tieren Nr. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18 und 19 ein, während die Tiere Nr. 17 und 20 mit einem Thrombozytenanstieg reagierten, dem erst am 2. Tag p.r. der Thrombozytenrückgang folgte. — Am 2. Tag p.r. war bei den Tieren Nr. 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19 und 20 ein weiteres Absinken der Thrombozytenzahlen zu beobachten, während bei den Tieren 12 und 16 bereits ein Thrombozytenanstieg einsetzte. — Am 3. Tag p.r. setzte ein spontaner Thrombozytenanstieg bei sämtlichen Tieren ein, der in Abbildung 2 c sehr augenscheinlich ist. — Am 4. Tag p.r. reagierten alle Tiere mit einem Rückgang der Thrombozytenzahlen, der am 5. Tag p.r. bei den Tieren 11, 12, 16, 17, 18, 19 und 20 weiter anhielt, bei den Tieren 14 und 15 in einen mäßigen Anstieg überging.

Am 1. Tag nach der zweiten Bestrahlung sanken die Thrombozyten bei allen Tieren wieder stark ab (Abb. 2 c). Dem plötzlichen Absinken der Thrombozyten folgte wieder ein Anstieg und ein nochmaliger Rückgang der Thrombozyten mit nachfolgendem allmählichem Anstieg zur Norm.

Allgemeinbefinden: Ebenso schlecht wie die erste Bestrahlung mit 1000 r wurde auch die Bestrahlung mit 2mal 500 r von den Versuchstieren vertragen, ein Tier ist am 4. Tag nach der ersten Bestrahlung eingegangen, die übrigen Tiere erholten sich relativ schnell.

III. Fraktionierte Bestrahlung des Abdomens von 6 Meerschweinchen (♀) mit 2mal 250 r (je 61,5'') mit 5 Tagen Abstand [Abb. 3]

Wie aus Abbildung 3 a ersichtlich, hatte die erste Bestrahlung mit 250 r keinen Einfluß auf das *Gewicht* der Versuchstiere. Erst nach der zweiten Bestrahlung konnte ein geringer Gewichtsabfall festgestellt werden, der aber schnell wieder aufgeholt wurde.

Die Zahl der *Erythrozyten* nahm bei Tier Nr. 21 am 1. und 2. Tag p.r. noch zu, um dann ebenso wie bei den übrigen Tieren abzunehmen. Am 1. Tag nach der *zweiten Bestrahlung* war lediglich bei Tier Nr. 24 ein Anstieg der Erythrozyten zu beobachten, bei den übrigen Tieren fielen die Werte ab. Tier Nr. 21 erreichte am 6. Tag p.r. den niedrigsten Wert der Erythrozyten mit 3,7 Millionen gegenüber einem Ausgangswert von 6,4 Millionen. Die restlichen Tiere zeigten bereits am 6. Tag einen allmählichen Anstieg ihrer Erythrozytenwerte zur Norm.

Umgekehrt wie die Erythrozyten reagierten die *Thrombozyten* (Abb. 3 c). Am Tage nach der *ersten Bestrahlung* stieg ihre Zahl spontan an, nur Tier Nr. 26 reagierte mit einem geringen Rückgang, dem am 2. Tag p.r. ebenfalls ein Anstieg folgte. Tier Nr. 23 erreichte am 3. Tag p.r. seinen höchsten Thrombozytenwert mit 410 Millionen, die

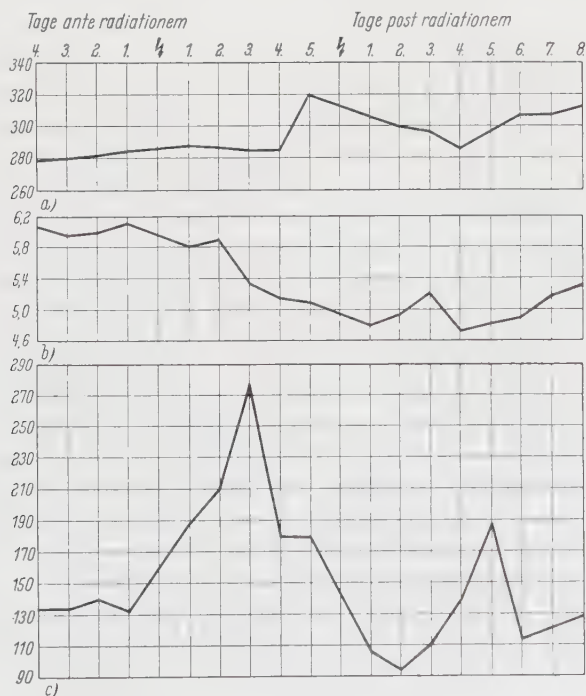


Abb. 3. Darstellung der Durchschnittswerte von Gewicht (a), Erythrozyten (b) und Thrombozyten (c) der 6 Versuchstiere nach fraktionierter Bestrahlung des Abdomens mit zweimal 250 r.

übrigen Tiere hatten ebenfalls am 3. Tag p.r. ihre Höchstwerte an Thrombozyten erreicht. Der 4. Tag p.r. zeigte die Tendenz zum Thrombozytenrückgang, nur Tier Nr. 25 reagierte mit einem geringen Anstieg. Am 5. Tag zeigten die Tiere Nr. 21, 22, 23 eine deutliche Thrombozytenvermehrung, die übrigen Tiere hingegen eine Thrombozytenverminderung. Der 1. Tag nach der zweiten Bestrahlung war wieder ausgezeichnet durch einen spontanen Thrombozytenabfall, der auch noch am 2. Tag p.r. anhielt, lediglich bei Tier Nr. 26 stiegen die Thrombozyten geringfügig an. Der 3. und 4. Tag p.r. zeigten durchweg einen Thrombozytenanstieg, der maximal 316 Millionen am 5. Tag p.r. bei Tier Nr. 23 erreichte. Der 6. Tag war bei sämtlichen Tieren durch einen Rückgang der Thrombozytenwerte ausgezeichnet, die am 7. und 8. Tag p.r. teilweise wieder den Vorperiodenwerten glichen.

Allgemeinbefinden: Die Applikation dieser Strahlendosis wurde von den Versuchstieren verhältnismäßig gut vertragen, eine Veränderung im Verhalten der Tiere war nicht zu beobachten.

IV. Fraktionierte Bestrahlung des Abdomens von 6 Meerschweinchen (♀) mit 2mal 125 r (je 30,7") mit 5 Tagen Abstand [Abb. 4]

Wie Abbildung 4 a zeigt, hatte die erste Bestrahlung keinen wesentlichen Einfluß auf die Gewichte der Versuchstiere (vgl. Versuch III). Erst nach der zweiten Bestrahlung trat eine Gewichtsabnahme ein, die aber kaum unterhalb der Vorperiodenwerte lag und auch schnell wieder aufgeholt wurde.

Die Vorperiodenwerte der Erythrozyten (s. Abb. 4 b) behielt nur Tier Nr. 32 am 1. Tag p.r. noch bei, alle übrigen Tiere zeigten schon am 1. und den folgenden Tagen p.r. einen Erythrozytenabfall, der am 5. Tag p.r. bei den Tieren Nr. 27, 28, 29 und 31 wieder in einen Erythrozytenanstieg überging, während die Tiere Nr. 30 und 32 noch einen weiteren Rückgang der Erythrozyten aufwiesen.

Am 1. Tag nach der zweiten Bestrahlung setzte bei den Tieren Nr. 27, 28, 29, 31 und 32 ein weiterer Abfall der Erythrozytenwerte ein, nur Tier Nr. 30 zeigte einen geringen Anstieg. — Der 2. Tag p.r. war bei den Tieren Nr. 27, 28, 29, 31 und 32 durch

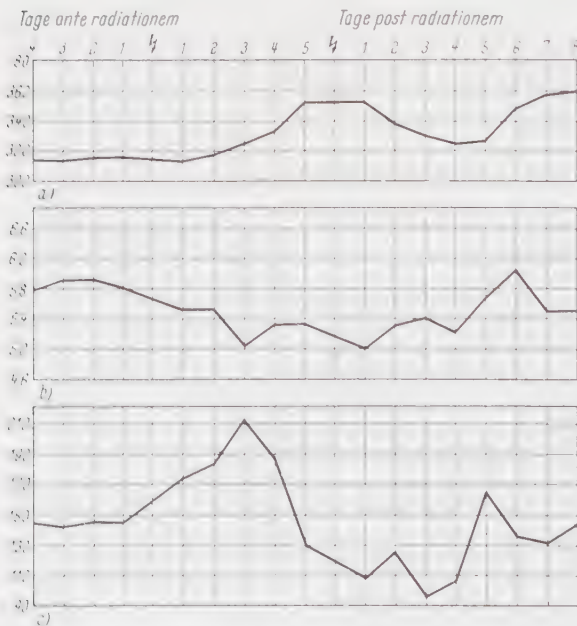


Abb. 4. Darstellung der Durchschnittswerte von Gewicht (a), Erythrozyten (b) und Thrombozyten (c) der 6 Versuchstiere nach fraktionierter Bestrahlung des Abdomens mit zweimal 125 r.

Zunahme der Erythrozytenzahlen ausgezeichnet, Tier Nr. 30 folgte erst mit dem geringen Erythrozytenrückgang, den die übrigen Tiere schon am Tage vorher aufwiesen. — Am 3. Tag p.r. stiegen die Erythrozytenzahlen nur bei den Tieren Nr. 28, 30 und 32 weiter an. Tier Nr. 29 hatte unveränderte Erythrozytenzahl, während die Tiere 27 und 31 einen Erythrozytenrückgang zeigten. — Am 4. Tag p.r. war nur bei Tier Nr. 28 ein geringer Erythrozytenanstieg zu beobachten, bei den übrigen Tieren sanken die Erythrozyten auf ihre niedrigsten Werte ab. — An den folgenden 4 Untersuchungstagen setzte ein allmählicher Anstieg der Erythrozyten zur Norm ein.

Umgekehrt wie die Erythrozytenkurve verläuft die *Thrombozytenkurve* (vgl. Abb. 4 b mit 4 c). Am Tage nach der ersten Bestrahlung stiegen bei den Tieren Nr. 28, 30, 31 und 32 die Thrombozytenzahlen an, bei den restlichen Tieren sanken sie nur wenig ab. — Am 2. Tag p.r. stiegen die Thrombozyten bei den Tieren Nr. 27, 29, 30 und 32 weiter an, bei den Tieren Nr. 28 und 31 fielen sie ab. — Am 3. Tag p.r. erfolgte bei den Tieren Nr. 27, 29, 31 und 32 ein weiterer Anstieg ihrer Thrombozytenzahlen, bei den Tieren Nr. 28 und 30 bereits wieder ein Rückgang, der am 4. Tag p.r. bei sämtlichen Tieren festzustellen war und auch am 5. Tag p.r. noch weiter fortschritt.

Am 1. Tag nach der zweiten Bestrahlung sanken die Thrombozyten bei den Tieren Nr. 27, 28, 31 und 32 weiter ab, bei den Tieren Nr. 29 und 30 hingegen stiegen sie mäßig an. — Am 2. Tag p.r. sanken die Thrombozyten bei den Tieren Nr. 27 und 28 noch weiter ab, während sie bei den Tieren Nr. 29, 30, 31 und 32 anstiegen. — Am 3. Tag p.r. sanken die Thrombozyten bei allen Tieren ab. — Am 4. Tag p.r. hielt dieser Rückgang der Thrombozytenzahlen bei den Tieren Nr. 30, 31 und 32 weiter an, bei den restlichen Tieren stiegen die Thrombozytenzahlen bereits wieder an. — Am 5. Tag p.r. setzte bei allen Tieren ein Thrombozytenanstieg ein, der zum Teil den Vorperiodenwerten glich.

Allgemeinbefinden: Diese fraktionierte Bestrahlung mit 2mal 125 r wurde von den Versuchstieren gut vertragen, es fiel auch keinerlei Veränderung im Verhalten der Tiere auf.

Besprechung der Ergebnisse (Abb. 5)

Die *einzeitige* hochdosierte (1000 r) Abschnittsbestrahlung (Abdomen) von Meerschweinchen führte hinsichtlich des Verhaltens der Thrombozytenzahl zu einer Kurve (Abb. 1 c), die den Vorstellungen über die Antwort des Organismus gegenüber unspezifischen Reizen entspricht (*H.-J. Maurer, H.-J. Maurer* und *K. H. Pfeffer, H. Selye* u. a.): Es kommt innerhalb der ersten 7 Tage p.r. zu einem Absinken der Thrombozytenzahl mit einem kurzfristig voraufgehenden Abstieg und einem Wiederanstieg zu den Ausgangswerten. Dieser Verlauf entspricht auch den Untersuchungsergebnissen anderer Verfasser (*H. Bosch, G. Woska, US Atom. Energy Comm., Z. M. Bacq* und *P. Alexander* u. a.).

Wenn Unterschiede im Kurvenverlauf auftreten, so kann dies zum Beispiel am Untersuchungsrhythmus, an unterschiedlichen Bestrahlungsbedingungen usw. liegen (vgl. z. B. Abb. 1 mit *US Atom. Energy Comm.*), grundsätzlich dürfte aber der Reaktionsverlauf gleichartig sein.

Die Kurve für das Körpergewicht entspricht der für die Thrombozytenzahlen weitgehend; der gleiche Reaktionsverlauf des Gewichtes wurde auch schon von *Lamerton* und Mitarb. seinerzeit beobachtet. Allein das Verhalten der Erythrozytenzahlen im strömenden Blut fällt aus dem Rahmen: Entgegen dem erwarteten Abfall (*Bosch, US Atom. Energy Comm., Woska* u. a.) kommt es zu einem deutlichen Anstieg über die Ausgangswerte mit zwei vorübergehenden Gipfeln am 3. und 8. Tag p.r., am 10. Tag p.r. nähern sich die Erythrozytenzahlen vorübergehend den Ausgangswerten, steigen dennoch aber wieder deutlich an. Obwohl Körpergewicht und Thrombozyten der teilbestrahlten Meerschweinchen

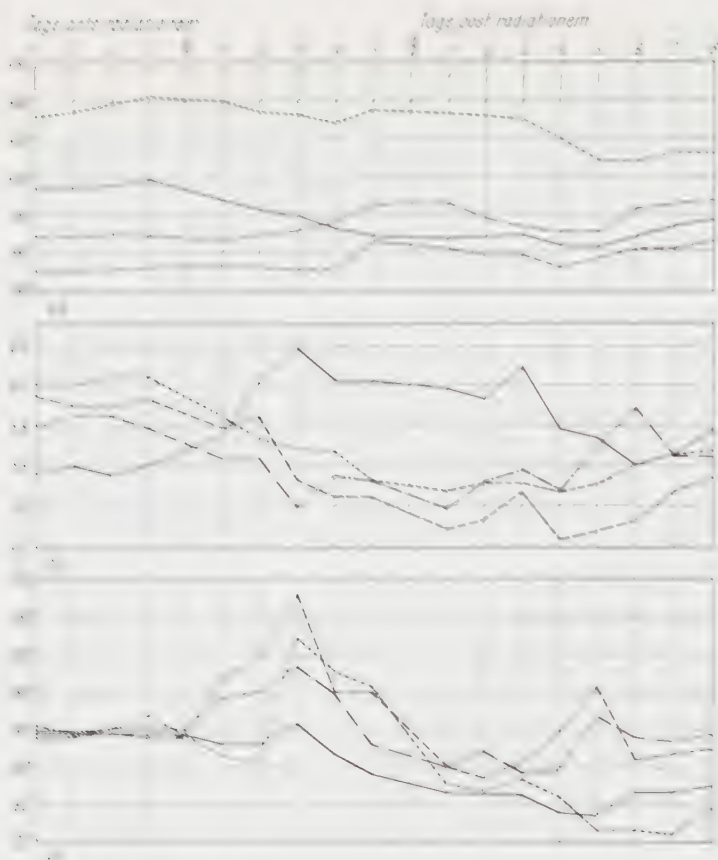


Abb. 5. Erläuterung im Text.

verschiedenen Regulationen unterworfen sind, folgen sie doch den Vorstellungen der unspezifischen Reizeantwortung des Organismus (Maurer, Selye u. a.). Eine Erklärung für das auffallende, entgegengesetzte Verhalten der roten Blutkörperchen läßt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht geben. Möglicherweise kommt es nach dem auf das Abdomen lokalisierten Strahlensinsult zu einer vermehrten Ausschüttung von Erythrozyten aus Leber und Milz; eine Stützung dieser Hypothese ist bisher nicht möglich. Die Untersuchungen von Gewicht, Erythrozyten und Thrombozyten nach verschieden hoch dosierten *Abschnittsbestrahlungen* (Abdomen) bei Meerschweinchen zeigen ein relativ einheitliches Bild, wobei, insgesamt gesehen, Kurvenbilder entstehen, die denen nach unspezifischen Reizen (H.-J. Maurer und K. H. Pfeffer, H.-J. Maurer u. a.) entsprechen. Dabei ruft die *erste Bestrahlung* bei 500 r eine Abnahme des Gewichts, bei 250 r einen Stillstand der in der Vorperiode angedeuteten Gewichtszunahme und bei 125 r eine Beschleunigung der Gewichtszunahme hervor. Die *zweite, 5 Tage danach verabfolgte Bestrahlung* hat in jedem Fall (500 r, 250 r und 125 r) eine vorübergehende Gewichtsabnahme zur Folge; nach 2mal 500 r ist die „Erholung“ des Gewichts nur angedeutet. Die Erythrozytenzahl wird durch

die erste Bestrahlung vermindert, wobei die Abnahme nach 125 r am geringsten ist und unregelmäßige Schwankungen aufweist. Die zweite Bestrahlung führt jedoch nur bei 500 r und 250 r zu einem erneuten vorübergehenden Absinken der Erythrozyten im strömenden Blut, dem ein Wiederanstieg zu den Ausgangswerten folgt.

Bei kritischer Betrachtung der Darstellung der *Durchschnittswerte* der pro Versuchsreihe untersuchten Tiere kann man in Abbildung 5c feststellen, daß die Veränderung der Thrombozyten trotz Anwendung verschieden hoher Raumdosen doch im wesentlichen ein einheitliches Bild bietet. Die Thrombozyten reagieren im Verhältnis zu den Erythrozyten wesentlich stärker und charakteristischer. Nach 500 r kommt es zu einem vorübergehenden Abfall am 1. und 2. Tag p.r., dem ein stark überschießender Anstieg folgt, nach 250 r bzw. 125 r nehmen die Thrombozyten signifikant zu. Die zweite Bestrahlung bewirkt übereinstimmend einen Abfall der Thrombozytenzahlen unter die Ausgangswerte; dem folgt am 2. (125 r) bzw. 3. (500 r, 250 r) Tag p.sec.r. ein flüchtiger Anstieg mit erneuter Abnahme der Thrombozyten im strömenden Blut, bevor es zu einer allmählichen Rückkehr zur Norm kommt.

Abschließend kommt man zu dem Schluß, daß die Thrombozytenveränderung um so günstiger verläuft, je kleiner die Dosis ist. Bei kleiner Dosis verläuft die Kurve flacher, nach großer Dosis steiler. Kleinere, verteilt applizierte Strahldosen haben also eine geringere Schädigung zur Folge und eine nachhaltigere Wirkung als große, massive Bestrahlung. Bei Anwendung großer Raumdosen liegt in der Thrombopenie ein großes Hauptgefahrenmoment. Wiederholte, an und für sich reparable Blutschädigungen können permanent werden, wenn man die Bestrahlungen so rasch aufeinanderfolgen läßt, daß die Blutbildungsstätten keine Zeit zur Erholung haben. Darüber hinaus zeigt sich, daß die Thrombozyten ein relativ empfindlicher Indikator für die Strahlenwirkung auf den Organismus darstellen. Unter Umständen kann es auf diese Weise gelingen, einen beginnenden Strahlenschaden aufzudecken und einer geeigneten Behandlung zuzuführen. Es ist sogar denkbar, daß bei regelmäßiger Kontrolle Strahlenschädigungen trotz des immer größer werdenden Kreises der mit ionisierenden Strahlungen in Berührung kommenden Bevölkerung vermieden werden können. Es erscheint daher günstiger, die Strahlenbelastung des Organismus mit Hilfe der Thrombozytenwerte zu untersuchen bzw. zu kontrollieren als an Hand der Erythrozyten- oder Leukozytenwerte. Dieser Forderung steht allerdings die schwierigere Methodik gegenüber, die aber kein unüberwindbares Hindernis darstellen dürfte.

Zusammenfassung

An Hand von 32 gesunden Versuchstieren wurden die Thrombozytenveränderungen nach einzeitiger und fraktionierter Abschnittsbestrahlung untersucht. Bei vergleichender Betrachtung der Ergebnisse nach Anwendung verschieden hoher Bestrahlungsdosen sollte festgestellt werden, welche Applikationsart die geringste Veränderung bzw. Schädigung der Blutplättchen nach sich zieht und von den Tieren am besten vertragen wird.

1. Grundsätzlich ergeben sich Veränderungen, die denen des Organismus gegenüber unspezifischen Reizen entsprechen.
2. Bei einzeitiger hochdosierter Abschnittsbestrahlung treten die auch schon von Busch u. a. beobachteten Schwankungen der Thrombozytenwerte auf.

3. Bei fraktionierter Bestrahlung (4 Tage Abstand) sind die Reaktionen der Thrombozyten weniger ausgeprägt, jedoch deutlicher als die Veränderungen des Gewichts und der Erythrozyten.
4. Der Reaktionsmechanismus wird unter den unter [1] genannten Gesichtspunkten besprochen, ohne daß eine Erklärung für den Mechanismus als solchen gegeben werden könnte.
5. Es wird vorgeschlagen, die Thrombozyten als Gradmesser für eine Strahlenbelastung bzw. für einen eintretenden Strahlenschaden heranzuziehen.

Summary

On 32 healthy laboratory animals the changes of the platelets after a single and fractionated partial irradiation were studied. It was our intention to find out what type of irradiation was best tolerated by the animals and caused the least damages of the platelets.

1. Principally changes were observed as they occur after unspecific irritation of the organism.
2. After a single partial irradiation with high doses the changes of the platelets occur as they were observed by *Bosch*.
3. After fractionated irradiation with an interval of 4 days the changes of the platelets are less significant, but they are more significant than the changes of the animals' weight and red cell counts.
4. The mechanism of the reaction was discussed but no explanation could be given for it.
5. It was proposed to use the platelet count as a graduator for radiation exposure and for beginning radiation damage.

Résumé

Les auteurs étudient les altérations des thrombocytes, chez 32 animaux d'expérience sains, après irradiation segmentaire avec une dose ou en doses fractionnées. Comparant les résultats obtenus pour les différentes doses, ils recherchent le genre d'application qui détermine le moins de modifications et de lésions des thrombocytes et qui est le mieux supportée par l'animal.

1. En principe, on observe des changements qui correspondent à ceux que l'organisme présente vis à vis d'excitations non-spécifiques.
2. Dans l'irradiation segmentaire en un temps et à doses élevées apparaissent des variations de valeurs des thrombocytes, déjà observées par *Bosch* et d'autres.
3. Dans l'irradiation fractionnée (4 jours d'intervalle) les réactions des thrombocytes sont moins marquées, mais plus nettes que les modifications du poids et des erythrocytes.
4. Le mécanisme de réaction est discuté d'après le [1] sans qu'une explication proprement dite puisse en être donnée.
5. Les auteurs proposent de prendre les thrombocytes comme mode d'évaluation du risque de radiolésion.

Schrifttum

Arneth, J.: Strahlentherapie 59 (1937): 104, 238. — *Aubertin, Ch.*, u. *E. Beaujard*: Folia haemat. 6 (1908): 31. — *Bacq, Z. M.*, u. *P. Alexander*: Grundlagen der Strahlenbiologie, Stuttgart 1958. — *Böhme, A.*, u. *Oberste-Berghaus*: Strahlentherapie 97 (1955): 292; Zbl. ges. Radiol. 138 (1952): 139. — *Bosch, H.*: Habil.-Schrift, Erlangen 1938. — *Brinnitzer, H.*: Strahlentherapie 52 (1935): 699. — *Brown, W. M. C.*, u. *D. Abbott*: Zbl. ges. Radiol. 47 (1955): 6. — *del Buono, P.*: Strahlentherapie 67 (1940): 83. — *Dahm, M.*: Strahlentherapie 91 (1953): 42. — *Eldred, E.*, u. *B. Eldred*: Zbl. ges. Radiol. 43 (1954): 133. — *Forfota, E.*, u. *S. Karady*: Strahlentherapie 59 (1937): 258, 643. — *Gloor, W.*, u. *A. Zuppinger*: Strahlentherapie 40 (1931): 438. — *Greb, E.*:

Strahlentherapie 91 (1953): 367. — *Gudzent, F.*: Strahlentherapie 2 (1913): 467. — *Hallmann, L.*: Klin. Chemie u. Mikroskopie, 2. Aufl., Leipzig 1941. — *Hayer, E.*: Strahlentherapie 44 (1932): 687. — *Heineke, H.*: Berl. klin. Wschr. 23 (1903); Dtsch. Z. Chir. 78 (1905): 196. — *Helde, M.*, u. *T. Wahlberg*: Acta radiol. 40 (1953): 435; 42 (1954): 75. — *Hiemisch, W.*: Strahlentherapie 84 (1951): 255. — *Holthausen, H.*: Strahlentherapie 21 (1926): 275; 31 (1929): 509; 46 (1933): 273. — *Jolly, J.*: C.R. Soc. Biol. 91 (1924): 532. — *Krause, P.*: Verh. Dtsch. Röntg.-Ges. 3 (1907): 126. — *Krause, P.*, u. *K. Ziegler*: Fortschr. Röntgenstr. 10 (1906): 126. — *Lacassagne, A.*: Strahlentherapie 84 (1951): 481. — *Langendorff, H.*: Strahlentherapie 90 (1953): 408. — *Langendorff, H.*, u. *W. Papperitz*: Strahlentherapie 65 (1939): 624. — *Lavedan, J.*: Radiophysiol. et Radiothér. 2 (1930): 457. — *Linser, P.*, u. *E. Helber*: Dtsch. Arch. klin. Med. 83 (1905): 479. — *Matoni, H.*: Münch. med. Wschr. 1 (1924): 785. — *Maurer, H.-J.*: Radiol. Clin. 23 (1954): 240; Klin. Wschr. 32 (1954): 37; Strahlentherapie 96 (1955): 86; 107 (1958): 42. — *Maurer, H.-J.*, u. *K. H. Pfeffer*: Strahlentherapie 92 (1953): 19 u. 395; Klin. Wschr. 31 (1953): 902; Wien. klin. Wschr. 66 (1954): 317. — *Maurer, H.-J.*, u. *P. Schwarzmann*: Strahlentherapie 100 (1956): 463. — *Parchwitz, E.*, u. *K. Wacholder*: Klin. Wschr. 34 (1956): 1212. — *Regaud, Ch.*, u. *A. Lacassagne*: Dressed Univ. France 1 (1927): 1. — *Schermer, S.*: Blutmorphologie der Laboratoriumstiere, Leipzig 1954. — *Selye, H.*: Dtsch. med. Wschr. 79 (1954): 329, 647. — *Sipowsky*: zit. n. *R. Bauer*: Strahlentherapie 67 (1940): 430. — *Spode, E.*: Strahlentherapie 96 (1955): 111, 595. — *Stender, H. St.*, u. *O. Elbert*: Strahlentherapie 90 (1953): 625. — *Wolff, K.*: Strahlentherapie 54 (1935): 68. — *Woska, G.*: Inaug.-Diss., Erlangen 1957. — *Zajicek, J.*: Acta haemat. 15 (1956): 296. — *Zimmer, E. A.*: Strahlentherapie 81 (1950): 495, 599; 82 (1950): 129, 261.

LEBENS LAUF

Am 2. 2. 1919 wurde ich als Tochter des österr. Offiziers Josef Sirobej und dessen Ehefrau Sophie Sirobej, geb. Handler, in Sopron/Ungarn geboren. In Neusiedl am See und Eisenstadt/Österreich besuchte ich die vierklassige Volksschule und anschließend das Realgymnasium. Am 30. Juni 1937 legte ich die Reifeprüfung ab. Beim österreichischen und späteren deutschen Postdienst war ich erst als Angestellte und dann als Beamtin beschäftigt. Infolge meiner Verheiratung am 23. 9. 1944 schied ich freiwillig aus dem Beamtenverhältnis als Postassistentin aus. Als Flüchtlinge kamen mein Mann und ich 1945 aus dem Sudetenland nach Bayern, wo sich mein Mann als selbständiger Zahnarzt niederließ. Nachdem dieser Beruf für einen 70 % Schwerkriegsbeschädigten sehr anstrengend ist, entschloß ich mich, zur Entlastung meines Mannes selbst Zahnmedizin zu studieren und begann mit dem Studium 1952 an der Universität Erlangen, wo ich am 11. Juni 1956 die zahnärztliche Prüfung ablegte.

